

KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 1020020072671 A
(43)Date of publication of application: 18.09.2002

(21)Application number: 1020010012626
(22)Date of filing: 12.03.2001
(30)Priority:

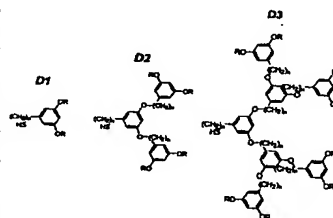
(71)Applicant: POSTECH FOUNDATION
(72)Inventor: JUN, U SEONG
JUN, YU MUN
KIM, GI MUN
KIM, MIN GYU

(51)Int. Cl. B82B 1/00

(54) METAL NANOPARTICLES STABILIZED BY DENDRON OR DENDRON DERIVATIVES AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

(57) Abstract:

PURPOSE: Metal nanoparticles having quite constant particle size by using dendron or dendron derivatives as stabilizing ligands in synthesis of the metal nanoparticles are provided, and a method for synthesizing the metal nanoparticles is provided. CONSTITUTION: The metal nanoparticles the surface of which is stabilized by dendron-thiol or dendron-thiol derivatives of the following chemical formula 1, where R is selected from the group consisting of hydrogen, aromatic, and alkyl group, alkyl hydroxy group, alkoxy group and alkene group having carbon atoms of 1 to 20, and n is an integer of 1 to 20. The method for manufacturing the metal nanoparticles comprises the steps of dissolving and dispersing metal contained salts; mixing a phase transition reagent; reacting the surface of metal by adding dendron-thiol or dendron-thiol derivatives of the following chemical formula 1.



copyright KIPO 2003

Legal Status

Date of request for an examination (20010312)
Notification date of refusal decision ()
Final disposal of an application (registration)
Date of final disposal of an application (20040322)
Patent registration number (1004299050000)
Date of registration (20040421)
Number of opposition against the grant of a patent ()
Date of opposition against the grant of a patent ()
Number of trial against decision to refuse ()
Date of requesting trial against decision to refuse ()
Date of extinction of right ()

(19) 대한민국특허청 (KR) (12) 공개특허공보 (A)

(51) 。 Int. Cl. ⁷
B82B 1/00

(11) 공개번호 특2002 - 0072671
(43) 공개일자 2002년09월18일

(21) 출원번호 10 - 2001 - 0012626
(22) 출원일자 2001년03월12일

(71) 출원인 학교법인 포항공과대학교
경북 포항시 남구 효자동 산31번지

(72) 발명자 김기문
경상북도포항시남구효자동산31번지포항공과대학교화학과
전유문
경상북도포항시남구효자동산31포항공과대학교화학과
김민규
경상북도포항시남구효자동산31포항공과대학교지능초분자연구단
전우성
경상북도포항시남구효자동산31포항공과대학교지능초분자연구단

(74) 대리인 이영필
이해영

심사청구 : 있음

(54) 텐드론 혹은 텐드론 유도체로 안정화된 금속 나노 입자 및그 제조 방법

요약

본 발명은 텐드론티올 혹은 텐드론티올 유도체로 표면이 안정화된 금속 나노 입자 및 그 제조 방법을 제공한다.

본 발명에서는 금속 나노 입자를 안정화하기 위해 표면에 도입하는 화합물로서 입체적 장애효과를 효율적으로 나타낼 수 있는 텐드론이라고 하는 나무가지 모양의 유기화합물을 사용함으로써, 금속 나노 입자의 크기를 용이하게 조절할 수 있을 뿐 아니라, 텐드론의 입체적 장애 효과에 의해 금속 나노 입자의 표면에 촉매로서 이용할 있는 비어 있는 금속 표면을 효과적으로 제공하여 균일상 촉매로 금속 나노 입자를 사용하는 것을 가능케 한다.

대표도
도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 실시예에 따라 합성된 금 나노 입자의 전자투과현미경 사진과 나노입자의 막대그래프이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따라 합성된 금 나노 입자의 자외선-가시광선 분광기 분석 결과를 나타낸 도면이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 덴드론 혹은 덴드론 유도체로 안정화된 금속 나노 입자 및 그 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 금속 나노 입자의 표면에 도입하는 유기 화합물로서 덴드론 혹은 덴드론 유도체를 사용하여 안정화된 금속 나노 입자 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

덴드론(회랍어로 dendron은 "나무"를 뜻함)이란 일반적인 고분자와 같이 동일한 반복 단위가 연결된 화합물이나, 일반적인 고분자와는 달리 선형이 아닌 나무가지상으로 연결된 모양을 가지고 있는 거대 유기 화합물이다. 덴드론이 자라는 단계는 "세대"라 불리우며, 덴드론은 이 세대를 조절하여 그 크기와 분자량 및 고분자도를 정확하게 제어할 수 있는 특징을 가지고 있다. 예를 들면 다음을 참조할 수 있다: (a) Tomalia, D. A.; Naylor, A.; Goddard, W. A. *Angew. Chem. Int. Ed.*1990, 29, 138. (b) Frehet, J. M. *J. Science*1994, 263, 1710.

나노 입자란 입자의 지름이 나노 미터 (10^{-9} m) 수준의 크기를 가지는 것을 의미한다. 이 크기에서 물질은 거대 집합체 상태의 금속과 분자 상태의 중간 단계에 해당하며, 이러한 상태에 있는 물질들은 동일한 화학적 조성임에도 불구하고 급격히 늘어난 비표면적과 양자역학적 효과에 의해 벌크 상태와는 전혀 다른 광학적, 전자기적 성질을 나타낸다. 따라서, 이러한 성질을 이용한 촉매적, 전자기적, 광학적 이용가능성으로 인하여 많은 관심을 끌어 왔다. 예를 들면, 다음을 참조할 수 있다: (a) Matijevic, E. *Curr. Opin. Coll. Interface Sci.*1996, 1, 176. (b) Schmid, G. *Chem. Rev.* 1992, 92, 1709. (c) Murray, C. B.; Kagan, C. R. Bawendi, M. G. *Science*1995, 270, 1335. (d) Guzelian, A. A.; Katari, J. E. B.; Kadavanich, A. V.; Banin, U.; Hamad, K.; Juban, E.; Alivisatos, A. P.; Wolters, R. H.; Arnold, C. C.; Heath, J. R. *J. Phys. Chem.*1996, 100, 7212.

특히, 이러한 나노 입자를 적절한 방법을 통해 규칙적으로 배열하여 쌓을 수만 있다면, 물질의 화학적 조성을 바꾸지 않고 구성물의 입자 크기만으로도 전혀 다른 새로운 물질을 만들어 낼 수 있을 뿐만 아니라, 입자크기나 배열정도를 조절함으로써 앞서 언급한 광학적 혹은 전자기적 성질을 조절할 수도 있어 최근 차세대 기술로 많은 주목을 받고 있는 나노 테크놀로지 연구의 중요한 부분으로 인식되고 있다. 예를 들면 다음을 참조할 수 있다: (a) Matijevic, E. *Curr. Opin. Coll. Interface Sci.*1996, 1, 176. (b) Schmid, G. *Chem. Rev.*1992, 92, 1709. (c) Murray, C. B.; Kagan, C. R. Bawendi, M. G. *Science*1995, 270, 1335. (d) Guzelian, A. A.; Katari, J. E. B.; Kadavanich, A. V.; Banin, U.; Hamad, K.; Juban, E.; Alivisatos, A. P.; Wolters, R. H.; Arnold, C. C.; Heath, J. R. *J. Phys. Chem.*1996, 100, 7212.

이러한 나노 입자들의 잠재적인 응용성을 현실화하기 위해서 우선적으로 선결되어야 할 과제 중의 하나는 일정한 크기의 나노 입자를 합성하는 방법을 찾는 것이다. 예를 들면 다음을 참조할 수 있다: Feldheim, D. L.; Keating, C. D. *Chem. Soc. Rev.*1998, 27, 1

지금까지 알려진 금속 나노 입자들의 합성 방법에는 진공 상태에서 높은 전압을 이용하여 합성하는 건식 합성 방법과 유기 용매와 수용액 중에서 합성하는 습식 합성 방법 등이 있으며, 이 중에서 습식 합성 방법이 비교적 쉽고 비용이 상대적으로 싸다는 장점 때문에 주로 이용되고 있다. 금속 나노 입자의 합성은 금, 은, 백금, 팔라듐, 철, 구리, 코발트, 카드뮴, 실리콘 등의 금속 나노 입자 합성이 보고되어져 있다.

그러나, 이러한 금속 나노 입자들은 그 자체로는 불안정하여 시간이 지남에 따라 응집하여 나노 입자로서의 성질을 잃어버리기 때문에, 용액 중 및 건조 후에도 안정한 나노 입자의 합성에는 이들 나노 입자의 응집을 막을 수 있는 방법이 필요하다.

지금까지 보고된 금속 나노 입자의 습식 합성 방법에서는 응집을 막는 안정화 물질로 다양한 유기물염 등이 이용되어 왔으며, 최근에는 선형의 작은 유기 분자 화합물을 이용하여 유기용매에도 잘 녹고 안정성이 매우 뛰어난 금속 나노 입자의 합성이 보고 된 바 있다. 예를 들면 다음을 참조할 수 있다: (a) Brust, M.; Walker, M.; Bethell, D.; Schiffrin, D. J.; Whyman, R. J. Chem. Commun., 1994, 802. (b) Brust, M.; Fink, J. Bethell, D.; Schiffrin, D. J.; Kie ly, D. J. Chem. Commun., 1995, 1655. 이러한 선형 유기 분자를 표면에 도입하여 합성한 금속 나노 입자의 경우, 표면에 도입된 유기분자의 특성에 의해 금속 나노 입자를 마치 일반적인 유기 화합물처럼 반응시킬 수 있고, 분리할 수 있다는 장점이 있지만, 만들어진 금속 나노 입자의 크기 분포를 조절하기는 어려워 이를 위한 새로운 합성 방법들이 많이 연구되고 있다. 특히 미국특허 제6,103,868은 금속 나노 입자의 제조 방법에 대하여 기술하고 있으나, 표면을 안정화시키는 리간드로 $C_{10}H_{21}SH$, $C_{12}H_{25}SH$, 및 $C_{12}H_{25}NH_2$ 를 사용하고 있고, 이는 표면을 안정화시키는 리간드의 크기가 한정적이고, 세대별로 리간드를 증가시킬 수 없다.

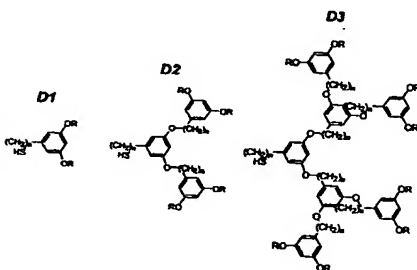
발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 금속 나노 입자의 합성에 있어 안정화 리간드로 덴드론 혹은 덴드론 유도체를 사용함으로써 입자의 크기가 매우 일정한 금속 나노 입자를 제공하고, 그 합성하는 방법을 제공하는 데 있다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 하기 화학식 1의 덴드론티올 혹은 덴드론티올 유도체로 표면이 안정화된 금속 나노 입자를 제공한다:

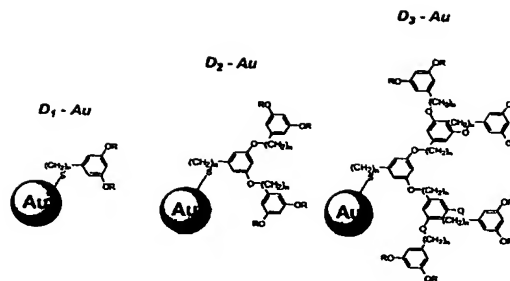
화학식 1



상기 화학식 중, R은 수소, 방향족, 탄소수 1 내지 20의 알킬기, 알킬하이드록시기, 알콕시기 및 알켄기로 이루어진 군에서 선택되고, n은 1 내지 20의 정수이다. 바람직하게는 R은 탄소수 1 내지 5인 알콕시기이다.

이렇게 표면이 안정화된 금속 나노 입자의 중 아래의 실시예에서 합성된 금 나노 입자는 하기 화학식 2와 같은 구조를 가진다:

화학식 2



상기 식 중, R 및 n은 화학식 1에 대하여 정의한 바와 같다.

상기 또 다른 목적을 달성하기 위하여 덴드론티올 및 덴드론티올 유도체로 표면이 안정화된 금속 나노 입자의 제조방법은 a) 금속함유염을 녹이고 분산시키는 단계, b) 상전이시약을 혼합하는 단계, c) 덴드론을 첨가하여 금속표면을 수식하는 단계, d) 환원제를 첨가하여 금속을 환원하는 단계를 포함한다. 상기 환원제로는 NaBH_4 , $\text{LiB}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_3\text{H}$ 혹은 LiAlH_4 가 바람직하다.

이하 본 발명의 금속 나노 입자 제조 방법을 보다 상세히 설명한다.

금속 나노 입자의 표면을 안정화하기 위하여 본 발명은 화학식 1과 같은 덴드론 혹은 덴드론 유도체를 사용하며, 사용된 덴드론 또는 덴드론 유도체의 입체 구조에 의한 효과를 이용하여 금속 나노 입자의 크기와 크기 분포를 조절하는 합성법을 특징으로 한다.

본 발명에서 이용한 덴드론 혹은 덴드론 유도체는 그 크기와 분자량 및 고분자화도를 정확하게 제어할 수 있는 거대 유기 분자일 뿐만 아니라, 그 3차원적인 입체 구조가 선형이 아닌 원추형 혹은 부채꼴형에 가까운 모양이고, 금속과 반응할 수 있는 작용기는 그 분자의 말단에 단지 하나만을 가지고 있다.

따라서, 덴드론의 세대수가 증가함에 따라 전체적인 덴드론 분자의 체적이 증가하고, 이에 따라 덴드론의 용액 중의 확산 속도는 감소하며, 덴드론 분자의 표면적에 대하여 반응할 수 있는 작용기가 차지하는 면적이 감소하므로, 덴드론의 세대수를 조절함에 따라 덴드론과 금속 나노 입자의 반응 속도를 조절할 수 있게 된다. 즉, 금속 입자의 성장속도와 이렇게 형성된 금속 나노 입자와 덴드론 리간드의 화학반응에 의한 안정화 속도는 실제 용액 중에서는 동시에 일어나 서로 경쟁적인 관계에 있다. 따라서, 덴드론의 세대수를 조절하거나 금속이온의 당량비를 조절함으로써 그 반응속도를 제어할 수 있게 된다.

아래 실시예에서 보여주는 금 나노 입자의 경우 덴드론티올의 양은 금속이온에 대한 화학양론적 당량비가 0.2 내지 10 당량인 것이 바람직하다. 왜냐하면, 이러한 당량비보다 덴드론 리간드의 양이 적은 경우, 금속 나노 입자를 안정화시키기에는 리간드의 양이 절대적으로 모자라서 금속 나노 입자의 성장을 효과적으로 막을 수 없게 되고, 이 보다 더 큰 당량비에서는 리간드의 농도가 증가하여도 더 이상의 입자 크기 변화를 확인하기가 어려워진다.

또한, 본 발명은 합성된 금속 나노 입자의 크기와 크기 분포를 조절하기 위하여 화학식 1과 같은 덴드론 혹은 덴드론 유도체의 세대를 조절하여 금속 나노 입자의 형성과정에 투입하는 금속 나노 입자 합성법을 특징으로 한다.

또한, 본 발명은 합성된 금속 나노 입자의 크기와 크기 분포를 조절하기 위하여 덴드론 또는 덴드론 유도체가 투입되는 과정에서 그 반응 온도를 -100°C 내지 $+100^{\circ}\text{C}$ 의 범위로 조절하는 금속 나노 입자 합성법을 특징으로 한다. 반응온도가 -100°C 이하에서는 금속 나노 입자들의 용해도가 낮아서 콜로이드 상으로 유지 되기가 어렵고, $+100^{\circ}\text{C}$ 이상에서는 금속과 티올기의 결합이 끊어져 금속 나노 입자의 안정성이 크게 떨어지게 된다.

또한, 본 발명은 화학식 1과 같은 부채 모양의 입체적 장애가 큰 덴드론 또는 덴드론 유도체를 사용함으로써, 기존의 선형 유기분자를 사용한 금속 나노 입자와는 달리 나노 입자의 금속 표면에 리간드가 차지하지 못하는 자리가 생기게 되어 이를 이용한 균일상 및 비균일상 촉매로써의 금속 나노 입자를 제공하는 것을 특징으로 한다. 즉, 본 발명에서는 금속 나노 입자를 안정화 하기 위해 표면에 도입하는 화합물을 입체적 장애효과를 효율적으로 나타낼 수 있는 나무가지 모양의 덴드론을 사용함으로써, 덴드론의 입체적 장애 효과에 의해 금속 나노 입자의 표면에 촉매로서 이용할 있는 비어 있는 금속 표면을 효과적으로 제공하여 균일상 촉매로 금속 나노 입자를 사용하는 것을 가능케 한다.

화학식 2와 같은 균일한 크기의 금속 나노 입자는 전기적, 자기적, 혹은 광학적 기능소자로 사용되어 질 수 있다. 예를 들면, 균일한 크기의 금속 나노 입자를 이용한 단전자 트랜지스터 혹은 이를 이용한 기억소자 및 공명터널링 현상을 이용한 트랜지스터와 같은 전자소자에 이용될 수 있으며, 또한 금속 나노 입자의 광학적 현상을 이용한 비선형 광학물질 혹은 자외선 필터, 형광 지시 시약, 전자현미경등의 지시 시약등으로 사용할 수 있다.

[참고예]

상기 화학식 1에서, R이 수소이고, n이 1인 경우의 각 세대별 덴드론의 NMR 및 IR 스펙트럼의 분석 결과는 다음과 같다.

1) D1 (1 세대):

^1H -NMR(CDCl_3 , 500 MHz): δ (ppm) 1.77 (t, 1H, SH), 3.58 (d, 2H, CH_2S), 3.77 (s, 6H, OCH_3), 6.34 (s, 1H, p-Ph), 6.47 (s, 2H, o-Ph).

^{13}C -NMR(CDCl_3 , 125MHz): δ (ppm) 29.4, 43.8, 55.5, 99.3, 106.2, 107.5, 139.7, 143.6, 161.2.

IR (KBr, cm^{-1}): 2997, 2957, 2935, 2834, 2560, 1594, 1460, 1205, 1155, 1062, 833.

2) D2 (2 세대):

^1H -NMR(CDCl_3 , 500 MHz): δ (ppm) 1.78 (t, 1H, SH), 3.78 (s, 2H, CH_2S), 3.85 (s, 12H, OCH_3), 4.97 (s, 4H, OCH_2), 6.2-6.7 (m, 9H).

^{13}C -NMR(CDCl_3 , 125MHz): δ (ppm) 30.5, 43.8, 55.6, 70.2, 100.1, 101.6, 105.5, 108.7, 139.3, 160.1, 161.2.

IR (KBr, cm^{-1}): 2999, 2958, 2938, 2838, 1598, 1460, 1205, 1155, 1051, 833.

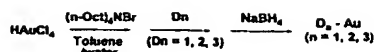
3) D3 (3 세대):

^1H -NMR(CDCl_3 , 500 MHz): δ (ppm) 1.76 (t, 1H, SH), 3.65 (d, 2H, CH_2S), 3.77 (s, 24H, OCH_3), 4.94 (s, 4H), 4.96 (s, 8H), 6.39-6.66 (m, 21H).

^{13}C -NMR(CDCl_3 , 125MHz): δ (ppm) 29.2, 55.3, 70.0, 100.0, 100.8, 101.7, 105.3, 106.5, 107.3, 139.2, 139.3, 143.5, 160.0, 160.1, 161.0.

IR (KBr, cm^{-1}): 2925, 2924, 2868, 2840, 1594, 1460, 1202, 1152, 1051, 830.

[실시예]



상기 반응식을 참고로 하여 30 mM에 농도를 고정시킨 하이드로전 테트라클로로오레이트(HAuCl_4) 용액 5 mL와 상전 이시약인 테트라옥틸암모늄브로마이드를 톨루엔에 80 mM 농도로 녹인 용액 30 mL를 섞어 수용액층에 있는 오레이트 이온을 유기 용액층으로 전이시켰다. 완전히 전이되면 수용액층의 색은 노란색에서 무색으로 변화하게 되며 유기 용액층의 색은 무색에서 검붉은 색으로 변화하게 되었다. 여기에 덴드론티올을 테트라클로로오레이트를 기준으로 2 당량만큼 취하여 부가한 뒤 나트륨보로하이드라이드(NaBH_4)를 10 당량만큼 취하여 소량의 물에 용해시킨 다음 부가하였다. 상온에서 10 시간 정도 교반시킨 뒤에 용매를 제거하였다. 여기에 소량의 유기 용매를 부가하여 재용해한 뒤, 과량의 에탄올을 넣어 합성된 금 나노 입자를 침전으로 떨어뜨렸다. 이것을 여과한 뒤 다시 에탄올로 씻어 주고 건조시켰다. 얻어진 금 나노 입자를 다시 소량의 유기 용매에 녹인 뒤 앞서 한 과정을 반복하여 불순물들을 제거하였다. 덴드론티올을 세대별로 분류하여 실험을 하였으며, 이렇게 얻어진 각 세대별 덴드론이 붙어 있는 금 나노 입자에 대하여 전자투과현미경사진을 촬영하여 나노 입자 크기를 분석한 결과를 도 1에 나타내었다. 도 1에 의하면 금 나노 입자의 합성과정에서 다른 모든 합성조건이 동일하더라도 사용된 덴드론의 세대수가 변화함에 따라 형성되는 입자의 크기나 그 분포가 달라짐을 알 수 있다. 또한, 이렇게 얻어진 금 나노 입자의 크기 분포는 이제까지 보고된 어떤 종류의 금 나노 입자의 크기 분포보다도 좁고 균일하다. (2세대 덴드론을 사용한 경우 표준 편차는 0.2 nm). 이 실시예의 금속 나노 입자에 대한 자외선-가시광선 분석결과는 도 2와 같다. 도 2에 의하면 금 나노 입자의 전형적인 흡수띠인 530 ~ 540 nm 부근의 표면 플라즈몬 밴드(Surface Plasmon Band)로부터 용액중에 존재하는 금 나노 입자를 확인할 수 있으며, 잘 알려진 바와 같이 이 부근에서의 흡수띠의 크기로부터 금 나노 입자의 상대적 크기를 추정할 수 있는데, 이러한 흡수띠를 통한 분석을 통해 추정되는 금 나노 입자의 크기 역시 도 1에서 얻어진 입도 분석결과와 일치한다.

발명의 효과

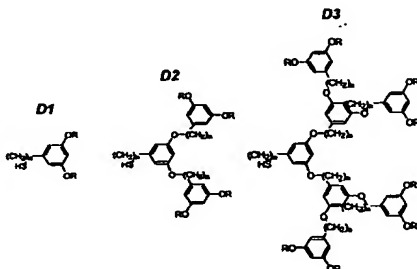
본 발명에서는 금속 나노 입자를 안정화하기 위해 표면에 도입하는 화합물을 입체적 장애효과를 효율적으로 나타낼 수 있는 덴드론이라고 하는 나무가지 모양의 유기화합물을 사용함으로써, 금속 나노 입자의 크기를 조절할 수 있을 뿐만 아니라, 덴드론의 입체적 장애 효과에 의해 금속 나노 입자의 표면에 촉매로서 이용할 있는 비어 있는 금속 표면을 효과적으로 제공하여 균일상 촉매로 금속 나노 입자를 사용하는 것을 가능케 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

화학식 1의 덴드론티올 혹은 덴드론티올 유도체로 표면이 안정화된 금속 나노 입자.

[화학식 1]



상기 화학식 중, R은 수소, 방향족, 탄소수 1 내지 20의 알킬기, 알킬하이드록시기, 알콕시기 및 알켄기로 이루어진 군에서 선택되고, n은 1 내지 20의 정수이다.

청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 R은 탄소수 1 내지 5인 알콕시기인 것을 특징으로 하는 금속 나노 입자.

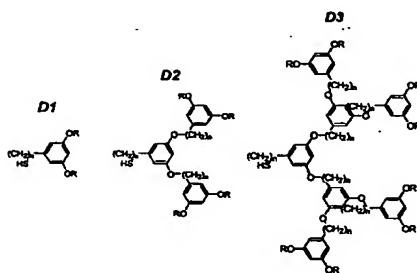
청구항 3.

제 1항에 있어서, 상기 금속이 금인 경우의 금속 나노 입자.

청구항 4.

a) 금속합유염을 녹이고 분산시키는 단계, b) 상전이시약을 혼합하는 단계, c) 화학식 1의 덴드론티올 혹은 덴드론티올 유도체를 첨가하여 금속표면을 수식하는 단계, 및 d) 환원제를 첨가하여 금속을 환원하는 단계를 포함하는 금속 나노 입자 제조 방법:

[화학식 1]



상기 화학식 중, R은 수소, 방향족, 탄소수 1 내지 20의 알킬기, 알킬하이드록시기, 알콕시기 및 알켄기로 이루어진 군에서 선택되고, n은 1 내지 20의 정수이다.

청구항 5.

제 4항에 있어서, 상기 환원제는 NaBH_4 , $\text{LiB}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_3\text{H}$ 및 LiAlH_4 으로 구성된 군에서 선택된 것을 특징으로 하는 금속 나노 입자 제조 방법.

청구항 6.

제 4항에 있어서, 상기 덴드론티올 혹은 덴드론티올의 양이 금속이온에 대하여 화학양론적 당량비가 0.2 내지 10 당량인 것을 특징으로 하는 제조 방법.

청구항 7.

제 4항에 있어서, 상기 금속 나노 입자의 형성 과정에서 화학식 1과 같은 덴드론티올 혹은 덴드론티올 유도체의 세대를 조절하여 투입하여 금속 나노 입자의 크기와 크기 분포를 조절하는 것을 특징으로 하는 제조 방법.

청구항 8.

제 4항에 있어서, 상기 덴드론티올 또는 덴드론티올 유도체를 투입하는 과정에서 그 반응 온도를 -100°C 내지 $+100^{\circ}\text{C}$ 의 범위로 조절하여 금속 나노 입자의 크기와 크기 분포를 조절하는 것을 특징으로 하는 제조 방법.

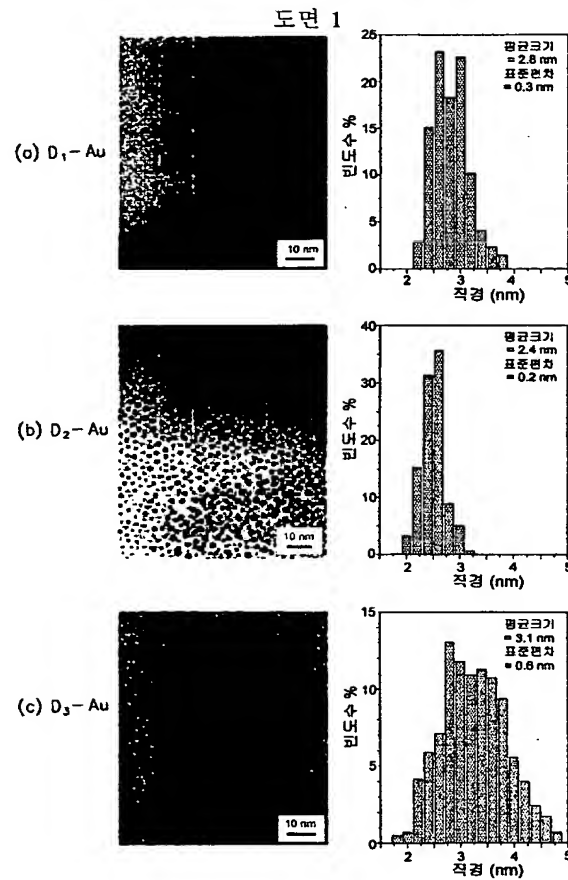
청구항 9.

제 1항의 금속 나노 입자를 이용한 균일상 및 비균일상 촉매.

청구항 10.

제 1항의 금속 나노 입자를 이용한 전기적, 자기적, 혹은 광학적 기능소자.

도면



도면 2

